

STUDI EKSPERIMEN BENTUK KACA PENUTUP UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIFITAS DAN EFISIENSI *SOLAR STILL*

Nova Risdiyanto Ismail¹, Andi Hardianto²

¹Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

²Jurusan Teknik Industri Universitas Widyagama Malang

E-mail : novarislampung@yahoo.co.id

ABSTRACT

Based on the previous research, it's needed a research on the development of solar distillation model. The development of a concrete absorbed plate with fin has been conducted and resulted on improving productivity and efficiency of solar still. The development is continued by making a model using the glass covered model with roof shape and V. Experimental method is used in this work. Absorbent plate from concrete with fins models and some gravel are used in this solar still research. The concrete composition is determined by two parts of iron sand and one part of PCC cement. The cover glass design is determined by roof model, V model and conventional model (flat model). Water volume is designed as varied variables. The results show that V model can increase the productivity of freshwater and efficiency of the solar still compared with roof model and conventional model under different water volume. The absorber plate temperature, water temperature and cover glass temperature satisfy the solar radiation pattern.

Keywords: solar distillation, cover glass shape, water volume

PENDAHULUAN

Air bersih sangat dibutuhkan untuk masyarakat yang tinggal didaerah pantai dan kepulauan, dimana hampir sebagian besar sumber air tanah yang didapat adalah air payau. Kekeringan yang melanda di sebagian besar wilayah di Jatim, membuat Gubernur menetapkan sebagai bencana. Daerah berpotensi kekeringan terutama di daerah pesisir pantai wilayah Madura (Bangkalan, Sampang, Sumenep dan Kali Anget) [1]. Kondisi demikian memerlukan usaha untuk memenuhi kebutuhan air bersih, terutama untuk kebutuhan rumah tangga. Didaerah pantai dan kepulauan terdapat sumber air yang berlimpah yaitu air laut yang dapat dimanfaatkan menjadi air tawar melalui proses penyulingan atau distilasi dengan memanfaatkan energi matahari. Proses penyulingan tersebut membutuhkan teknologi tepat guna, yaitu *solar distillation*.

Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan kinerja *solar still*, khususnya tentang kaca penutup. Berbagai upaya untuk meningkatkan kinerja *solar still* yaitu: meneliti *solar still* tipe V menggunakan penambahan pelat penyerap arang dan cermin [2]. Menghasilkan efisiensi *solar still* 24,47% tanpa arang, 30,05% dengan arang, 11,92% dengan cermin dan 14,11% dengan cermin dan arang. Menggunakan *cover model* atap atau dua sisi dapat meningkatkan produktifitas dan efisiensi *solar still* [3].

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan volume air suling hasil destilasi melalui penambahan salah satu komponen dari sistem destilasi yaitu pada bagian kondensor dengan menggunakan sistem blower, melihat pengaruh variasi kecepatan blower terhadap kapasitas produksi air hasil destilasi, variasi debit air pendingin terhadap kapasitas produksi air hasil destilasi serta menentukan pH dan salinitas air hasil destilasi [4]. Berdasarkan hasil uji di laboratorium menunjukkan bahwa tingkat keasaman (pH) air hasil destilasi bervariasi mulai dari 6,1 sampai 7,1 dan salinitas air hasil destilasi berada antara 0,1 – 0,5. Penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh *solar distillation* bertingkat terhadap produktifitas air tawar dan kualitas garam. Penelitian menghasilkan; produksi air kondensat (tawar) dan garam meningkat seiring dengan jumlah tingkat *solar distillation* [5]. Efisiensi *solar still* cenderung menurun seiring dengan jumlah tingkat *solar distillation*. Kualitas air yang dihasilkan, mempunyai keasaman (pH) rata-rata 7 dan cenderung netral, sehingga layak untuk dimanfaatkan manusia. Kandungan garam (NaCl) relatif lebih tinggi dibandingkan dengan garam kasar hasil petani garam. Meneliti *solar still* ganda untuk memanfaatkan panas evaporasi [6]. Dengan variasi menggunakan *solar still* tipe ganda, penambahan batu granit hitam, dan

penambahan tabung vakum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, air *distillation* meningkat dengan penambahan tabung vakum sebesar 56% dan dengan penambahan tabung vakum dan batu granit hitam 65%. Meneliti *solar still* menggunakan kaca penutup tunggal dengan penambahan pendingin pada kaca penutup [7]. Menghasilkan tanpa menggunakan pendingin diatas kaca penutup menghasilkan efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan pendingin diatas kaca penutup.

Berbagai penelitian tentang pelat penyerap menggunakan material beton cor yaitu: komposisi pelat penyerap beton cor dan ketebalan beton cor [8]; jenis pasir: pasir lumajang, pasir tumpang, pasir galian dan pasir besi; jenis batu: batu cor/seleb, batu lumajang, batu tumpang dan batu galian dan jenis/merk semen: semen gresik, semen tigaroda, semen holcim dan semen Puger-Jember [9]; menggunakan pasir besi pada beton cor dan warna permukaan [10]; komposisi beton cor (pasir besi, semen puger dan batu cor/seleb) [11]; menggunakan pelat penyerap beton cor dengan perlakuan penekanan dan memberikan lapisan tembaga, kuning dan almunium pada pelat penyerap beton cor [12].

Berdasarkan penelitian terdahulu, diperlukan penelitian tentang pelat penyerap untuk meningkatkan kinerja *solar distillation*. Pengembangan pelat penyerap (*absorber*) beton cor menggunakan material pasir besi dan semen PCC dengan model sirip dan gelombang. Permukaan model sirip dan gelombang dapat memperluas permukaan pelat penyerap, sehingga dapat meningkatkan energi radiasi matahari yang diserap. Beton cor merupakan material porous, sehingga air laut dapat masuk pada material. Air laut yang masuk dalam bentuk lapisan tipis, sehingga memudahkan proses evaporasi. Kondisi demikian dapat meningkatkan produktifitas dan efisiensi *solar still*.

Tinjauan Pustaka
Efisiensi solar still

Efisiensi *solar still* dapat di definisikan sebagai perbandingan antara perpindahan panas pada alat distilasi dengan evaporasi kondensasi terhadap besarnya radiasi matahari, dinyatakan dengan persamaan (2.1) dari Duffie [13], sebagai berikut:

$$\eta_i = \frac{q_e}{G_t} (\%) \dots\dots\dots (1)$$

Panas yang dibutuhkan untuk evaporasi-kondensasi pada luasan tertentu [13], sebagai berikut:

$$q_e = \frac{\dot{m}_p h_{fg}}{A} \text{ (kW/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk menghitung radiasi total harian pada *solar still*, dari Lempoy (2004), sebagai berikut:

$$G_s = \frac{(t \times 60) \times G_t}{1000000} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \dots\dots (3)$$

Untuk efisiensi harian yang dihasilkan oleh *solar still* secara eksperimen, dari Duffie (1980), sebagai berikut:

$$\eta_i = \frac{\dot{m}_p h_{fg}}{G_s A} 100\% \dots\dots(4)$$

Produktifitas solar still

Perkalian waktu operasi dari *solar still*, kapasitas produksi air tawar dapat dihitung dengan persamaan (2.11) dari Duffie (1980), sebagai berikut:

$$m_D = \frac{q_e}{h_{fg}} t \text{ (kg/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

- η_i = Efisiensi *solar still* (%)
- \dot{m}_p = Laju aliran masa produk destilasi perhari (kg/hari)
- h_{fg} = Panas laten penguapan (kJ/kg)
- G_t = Radiasi total matahari (W/m²)
- G_s = Radiasi total matahari harian (MJ/m²)
- A = Luasan dari *basin* (m²)
- q_e = Panas yang dibutuhkan untuk evaporasi (kW/m²)
- t = Interval waktu pengambilan data (menit)

Metode Penelitian
Peralatan Penelitian



(a) Kaca penutup model V (b) model Atap

Gambar 1. (a) Kaca penutup model V (b) model Atap

Prosedur pengujian

Adapun prosedur pengambilan data sebagai berikut:

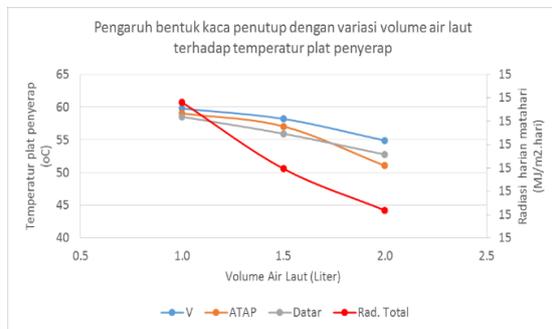
1. Pembuatan peralatan *solar distillation* model kaca penutup model V, Atap dan konvensional.

2. Persiapan peralatan ukur menggunakan *thermocouple*.
3. Set Up komputer untuk pengambilan data temperatur setiap 10 menit. Pengambilan data temperatur dilakukan selama 23 jam yaitu mulai jam 07.00 WIB sampai dengan jam 06.00 WIB hari berikutnya.
4. Pengambilan data produktifitas pada jam 17.00 WIB dan jam 6 pagi pada hari berikutnya.
5. Pengambilan data radiasi matahari menggunakan *pyranometer*.

Hasil dan Pembahasan

1. Pengaruh bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap temperatur pelat penyerap

Dari data yang diperoleh, kemudian dirata-rata dan dapat dibuat Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. grafik bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap temperatur pelat penyerap

Dari Gambar 2 terlihat temperatur pelat penyerap pada volume air 1, 1.5 dan 2 (liter) membentuk pola yang sama dengan intensitas radiasi matahari.

Pada volume yang kecil, permukaan pelat penyerap dan kerikil menerima panas radiasi matahari, kemudian ditransfer ke air laut. Air laut yang berada didalam pelat penyerap dan batu kerikil berbentuk lapisan tipis sesuai dengan besar lubang pori-pori dan kemampuan pelat penyerap dalam menyerap air. Dengan demikian temperatur pelat penyerap dapat mengikuti pola intensitas radiasi matahari.

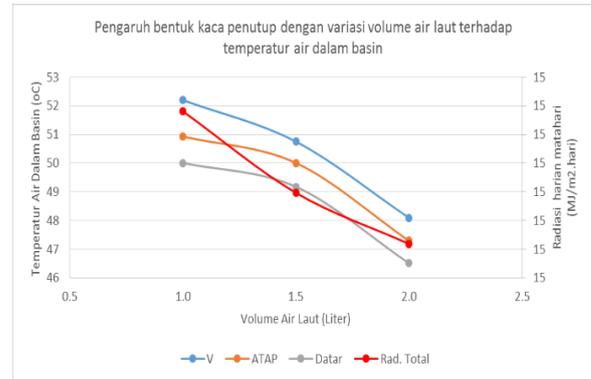
Sedangkan dengan volume air yang besar (permukaan air laut sejajar dengan pelat penyerap) intensitas radiasi matahari dapat diterima langsung oleh pelat penyerap dan air laut. Selain itu panas dari pelat penyerap ditransfer secara konveksi ke air laut yang berada di sampingnya. Air laut dalam jumlah besar dapat menyerap panas dari pelat penyerap dalam jumlah yang besar juga. Namun demikian temperatur pelat penyerap masih tetap mengikuti pola intensitas radiasi matahari.

Temperatur pelat penyerap menggunakan kaca penutup model V memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur dengan kaca penutup model atap dan

konvensional. Kondisi demikian disebabkan oleh kaca penutup model V memiliki jarak yang lebih dekat dengan pelat penyerap.

2. Pengaruh bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap temperatur air dalam basin

Dari data yang diperoleh kemudian dirata-rata dan dapat dibuat Gambar 3 sebagai berikut:



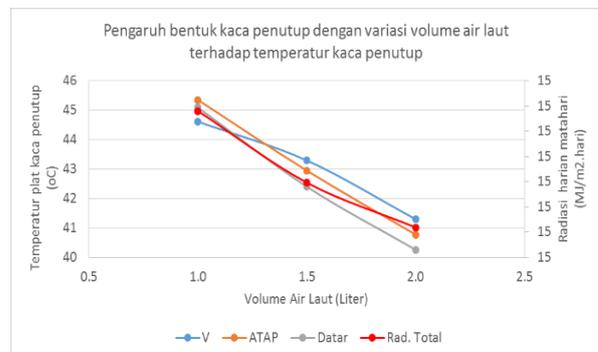
Gambar 3. grafik bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap temperatur air dalam basin

Dari Gambar 3 terlihat temperatur air dalam basin mempunyai pola yang sama dengan temperatur pelat penyerap dan radiasi matahari. Pola yang sama tersebut disebabkan oleh temperatur air dalam basin sangat dipengaruhi oleh temperatur pelat penyerap dan radiasi matahari.

Tingginya temperatur air dalam basin merupakan indikasi tingginya penguapan. Penguapan yang tinggi merupakan indikasi tingginya produktivitas uap untuk diproses menjadi air kondensat pada kaca penutup.

3. Pengaruh bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap temperatur kaca penutup

Dari data yang diperoleh kemudian dirata-rata dan dapat dibuat Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. grafik bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap temperatur kaca penutup

Kaca penutup merupakan peralatan yang berfungsi sebagai tempat proses kondensasi dan isolator. Kaca penutup mentransfer intensitas radiasi matahari sebesar $\pm 88\%$, sehingga nilai absorptansinya kecil. Intensitas radiasi matahari sebesar 88% diterima oleh pelat penyerap. Pelat penyerap mentransfer panas ke air laut, sehingga terjadi proses penguapan. Uap air menempel pada permukaan bawah kaca penutup, sehingga mempengaruhi temperatur kaca penutup. Pengaruh jumlah uap dan temperatur pelat penyerap pada kaca penutup lebih besar dibandingkan dengan intensitas radiasi matahari yang di serap kaca penutup. Dengan demikian pola pada Gambar 4 lebih banyak dipengaruhi oleh jumlah uap, temperatur pelat penyerap dan temperatur lingkungan.

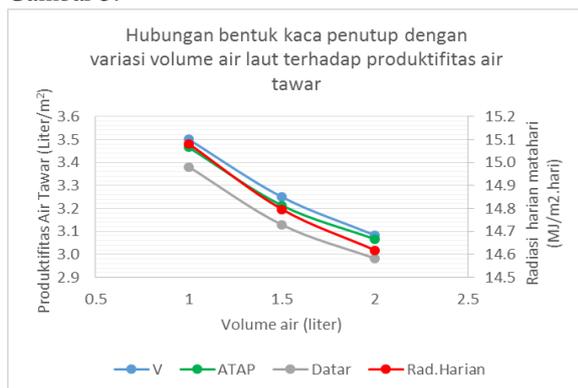
4. Pengaruh bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap produktifitas air tawar

Dari data yang diperoleh kemudian dirata-rata dan dapat dibuat tabel seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produktifitas hasil penelitian

Produktifitas (liter/m ² /hari)				
Vol. Air	V	ATAP	Datar	Rad.Harian
1	3.5	3.5	3.4	15.1
1.5	3.3	3.2	3.1	14.8
2	3.1	3.1	3.0	14.6

Kemudian dapat dibuat grafik yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 grafik bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap produktivitas air tawar

Produktivitas air tawar dipengaruhi oleh jumlah penguapan, sedangkan jumlah penguapan tergantung dari temperatur air dalam *basin*. Pada volume air laut dalam *basin* yang kecil, kenaikan temperatur menjadi lebih cepat dibandingkan dengan volume air laut yang lebih besar volumenya. Dengan demikian semakin kecil

volume air dalam *basin*, maka perubahan proses penguapan menjadi semakin lebih cepat. Proses penguapan yang lebih cepat dapat menjadi indikasi peningkatan produktivitas air kondensat/tawar.

Model kaca penutup dengan bentuk V memiliki produktivitas air kondensat lebih besar dibandingkan dengan model atap dan konvensional. Kondisi demikian disebabkan oleh luasan kaca penutup, lintasan aliran uap menjadi pendek dan aliran air kondensat cepat.

Tabel 2. Produktifitas solar still [14]

Comparison between daily productivity for tested solar stills.

Date	Daily productivity (24 h), ml/m ² /day		
	Conventional	Finned	Corrugated
Productivity at saline water depth 50 mm			
8/7/2010	2650	3200	3400
10/7/2010	3000	3600	3950
11/7/2010	3400	4100	4400
Productivity at quantity of saline water 50 l			
13/7/2010	2950	3550	3450
14/7/2010	3100	3700	3600
15/7/2010	3200	3850	3750
Productivity at quantity of saline water 30 l			
18/7/2010	3100	4350	3750
19/7/2010	3000	4200	3650
20/7/2010	3250	4550	3950

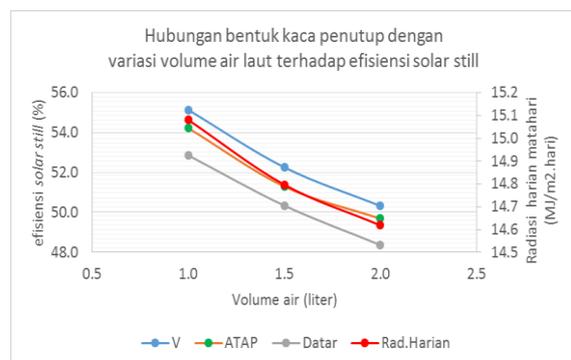
5. Pengaruh bentuk permukaan dengan variasi volume air terhadap temperatur air di atas pelat penyerap

Dari data yang diperoleh data, kemudian dirata-rata dan dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Efisiensi Solar Still

Tabel Efisiensi (%)				
Liter	V	ATAP	Datar	Rad.Harian
1.0	55.1	54.2	52.9	15.1
1.5	52.3	51.3	50.3	14.8
2.0	50.3	49.7	48.4	14.6

Dari tabel tersebut kemudian dapat dibuat gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik bentuk bentuk kaca penutup dengan variasi volume air terhadap efisiensi solar still

Dari Gambar 6, terlihat semakin besar volume air laut yang di masukkan kedalam *basin*

atau diatas permukaan pelat penyerap, maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan. Kondisi demikian disebabkan oleh semakin besar volume air laut, maka produktivitas air kondensat semakin kecil. Sehingga produktivitas air kondensat semakin besar, maka efisiensi *solar still* semakin besar pula.

Dari Gambar 6, terlihat bentuk permukaan model V mempunyai efisiensi *solar still* lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk atap dan konvensional. Kondisi demikian disebabkan oleh produktivitas air kondensat lebih tinggi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Temperatur pelat penyerap, air dalam *basin* dan temperatur kaca penutup menggunakan bentuk kaca penutup model V lebih tinggi dibandingkan model atap dan konvensional.
2. Produktivitas air tawar menggunakan bentuk kaca penutup model V lebih tinggi dibandingkan model atap dan konvensional.
3. Efisiensi *solar still* menggunakan bentuk kaca penutup model V lebih tinggi dibandingkan model atap dan konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bappeda Provinsi Jawa Timur. 2011. 7 Desa Kekeringan Parah BPBD Jatim Ajukan 79 Miliar untuk Air Bersih.
- [2] <http://bappeda.jatimprov.go.id/2011/09/21/417-desa-kekeringan-parah-bpbd-jatim-ajukan-79-miliar-untuk-air-bersih/>
- [3] B.S. Kumar, Sanjay K., R. Jayaprakash. 2008. Performance analysis of a "V" type solar still using a charcoal absorber and a boosting mirror. *Desalination* 229 (2008) 217–230
- [4] Monintja, N.C.V., 2004. *Usaha-usaha untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas solar still*. Thesis. Program Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin Unibraw Malang.
- [5] Irawati. 2009. *Pengembangan teknologi destilasi solar still tipe basin double slope menggunakan sistem blower*. Universitas Haluoleo. Jurusan Fisika. Jurnal aplikasi fisika. Vo. 5 No. 2. Hal. 105-109
- [6] Nova Risdiyanto Ismail dan Dadang Hermawan, 2012, Pengaruh solar distillation bertingkat terhadap produktivitas air tawar dan kualitas garam. *PROTON*, Vol. 4 No. 1/Hal. 33 – 38
- [7] Hitesh N. Panchal 2013. *Enhancement of distillate output of double basin solar still with vacuum tubes*. Journal of King Saud University – Engineering Sciences.
- [8] Kalidasa M.K., Chockalingama Kn.K.S.K., Srithar K., 2008. An experimental study on single basin double slope simulation solar still with thin layer of water in the basin. *Desalination* 220 pp. 687–693.
- [9] Ismail N.R dan Aditya C.. 2010. Pengaruh komposisi dan ketebalan kolektor beton cor terhadap efisiensi penyerapan panas. *Jurnal Proton* Vol 2, No. 2 Hal 35-38.
- [10] Ismail N.R. dan Fuhaid N. 2012. Analisa material beton cor sebagai pelat penyerap panas radiasi matahari. Tahun I. PHB-Dikti.
- [11] Ismail N.R. dan Fuhaid N., 2013. Analisa material beton cor sebagai pelat penyerap panas radiasi matahari. Tahun II. PHB-Dikti.
- [12] Ismail N.R., Fuhaid N. dan Hermawan D. 2014. Analisa beton cor, cover dan isolator sebagai peralatan utama pemanfaatan energi panas radiasi matahari. Tahun I. PHB-Dikti.
- [13] Ismail N.R. dan Fuhaid N.. 2014. *Concrete composition analysis cast as a plate solar radiation*. *IJRET*, Volume 2014; 3(07): 284–290. http://ijret.org/Volumes/V03/I07/IJRET_110307048.pdf
- [14] Duffie, J.A. dan Beckman, W.A. 1980. *Solar Engineering Of Thermal Processes*. John Wiley & Sons. New York.
- [15] Z.M. Omara, Mofreh H.H., A.E. Kabeel , 2011. Performance of finned and corrugated absorbers solar stills under Egyptian conditions. *Desalination* 277. pp. 281–287